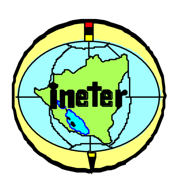
INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES- INETER









SDT-DD-MT32 No. 0847110708
Guía Técnica para los Levantamientos Geodésicos del SPMTIVPAN

Titulo	GUÍA TÉCNICA PARA LOS LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL PRODUCTIVA AGROPECUARIA DE NICARAGUA (SPMTIVPAN)
Organización	Dirección General de Geodesia y Cartografía (DGGC)/ INETER
Tema	Sistema de Producción de Mapas Temáticos
Clase	Guía Técnica
Nivel	32
Versión	1.0
Publicado	08 de septiembre del 2008
Lugar	Managua

Preparado por el Ing. Carlos García, Consultor de UNAG del Proyecto Sistema de Producción de Mapas Temáticos de la Infraestructura Vial Productiva Agropecuaria de Nicaragua, bajo la supervisión de la Dirección Técnica de Geodesia y Cartografía, dependiente de la DGGC.

C O N T E N I D O

Constelación satelital

I.- INTRODUCCIÓN

Esta Guía Técnica constituye un complemento o anexo a la norma técnica específica para la infraestructura de datos espaciales del Proyecto "Sistema de Producción de Mapas Temáticos de la Infraestructura Vial Productiva Agropecuaria de Nicaragua (SPMTIVPAN)".

Con este documento se pretende explicar de manera sencilla, los procedimientos para realizar los levantamientos geodésicos sobre la infraestructura vial productiva agropecuaria del país.

Dichos levantamientos consisten, en la recolección de datos en campo, específicamente datos relacionados a los puntos de control geodésicos (PCG) necesarios, que permitan la migración de la información que se obtendrá como resultado del tratamiento de gabinete de los datos del Inventario Vial del MTI, hacia el Sistema Nacional de información Geoespacial (SNIG), dentro del Marco de Referencia Geodésico.

Estos datos corresponden a las coordenadas de los PCG. La determinación de las mismas se hará directamente con mediciones GPS utilizando el método estático rápido, referidas al Sistema Nacional de Coordenadas desde la estación CORS más cercana del área.

La realización de los trabajos de levantamientos geodésicos, estará a cargo de personal técnico de las delegaciones departamentales de UNAG, quienes serán capacitados, asesorados y supervisados por técnicos de la Dirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER.

II.- DOCUMENTOS RECTORES

1. Acuerdo de coordinación interinstitucional para la elaboración del Sistema de Producción de Mapas Temáticos de la Infraestructura Vial Productiva Agropecuaria de Nicaragua.

2. Norma Técnica Específica para la infraestructura de datos espaciales del Proyecto "SPMTIVPAN".

3. Guía Técnica para los levantamientos geodésicos del Proyecto "SPMTIVPAN".

III.- DOCUMENTOS DE CONSULTA

1. Guía básica de utilización del MobileMapper.
2. Manual del Usuario del MobileMapper Office.
3. Mapas base de la República de Nicaragua a escala 1:50,000.
4. Mapas de la Red Vial del MTI.
5. Revista INVIAL del MTI.
6. Norma Técnica Específica para la infraestructura de datos espaciales del Proyecto “SPMTIVPAN”.

IV.- ANTECEDENTES PARA LOS LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS

La Base de Datos del Sistema, se formará a partir de la información del Inventario Vial del MTI. Esta información posee abundante contenido y nivel de detalle, es un inventario de toda la red vial del país, describe las características físicas de los caminos y los clasifica de acuerdo a su tipo de construcción y la función que desempeñan. Además, describe en forma bastante detallada sus obras de drenaje como son las alcantarillas, los vados, las cajas y los puentes, que son atributos de interés para el proyecto.

La información de INVIAL del MTI, está formada por archivos Excell para cada camino inventariado, de la Red Vial de todo el territorio nacional, estructurada de la siguiente manera:

1. Tablas de Características Físicas
2. Tablas de Secciones Transversales
3. Tablas de Curvaturas
4. Tablas de Pendientes
5. Tablas de Drenaje (Alcantarillas, Cajas, Puentes)

Toda esta información se trasladará al Marco de Referencia Geodésico, estructurada en formato de Geodatabase, de tal forma, que permita su migración al SNIG (Sistema Nacional de Información Geoespacial), para su utilización en el desarrollo del Sistema (SPMTIVAPN).

Para realizar lo anterior, es necesario determinar en campo, las coordenadas geodésicas de puntos sobre la infraestructura vial, que corresponden a los puntos de control geodésicos (PCG).

Esto nos permitirá contar con las coordenadas de determinados puntos sobre los caminos, para efectos de posición de los mismos y para ajuste geométrico y control de calidad de sus derroteros.

V.- PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO (PCG) A LEVANTAR

a) Definición de PCG

Es todo punto levantado en campo con GPS, al cual se le determinan sus coordenadas mediante un levantamiento referido al Marco de Referencia Geodésico adoptado en Nicaragua, conocido como WGS-84 (Sistema Geodésico Mundial establecido en 1984).

b) Criterios para la Determinación de los PCG

Los puntos de control geodésico deberán ser determinados sobre la Infraestructura vial de la forma siguiente: (ver Anexo 1)

En nuestro caso un PCG, es previamente definido durante la planificación en gabinete; partimos de los datos de la Tabla de Características Físicas del camino, y de las tablas de Red Vial Municipal, y luego seleccionamos los puntos sobre la Infraestructura vial que permitan su correcta localización en el terreno.

c) Tipos de PCG

Los puntos de control geodésico se definen de la siguiente forma:

- PIC = punto de inicio del camino

- PFC = punto final del camino

- PNV = punto nodo vial, punto donde interceptan o convergen dos caminos y/o carreteras, siendo generalmente uno de ellos de orden superior y el segundo de orden inferior o igual, que es el que se conecta al primero, en su punto de inicio. Un camino tendrá tantos PNV igual a la cantidad de intersecciones de caminos que tenga.

- PITC = puntos de intersección por diferente tipo de construcción, Punto sobre un camino donde interceptan o convergen 2 tipos de construcción diferentes. Ejemplo: Termina un segmento del camino adoquinado y comienza un segmento del mismo revestido.

- PC = Punto sobre curva horizontal, corresponde al punto de comienzo de la curva, esto es donde la tangente cambia de dirección.

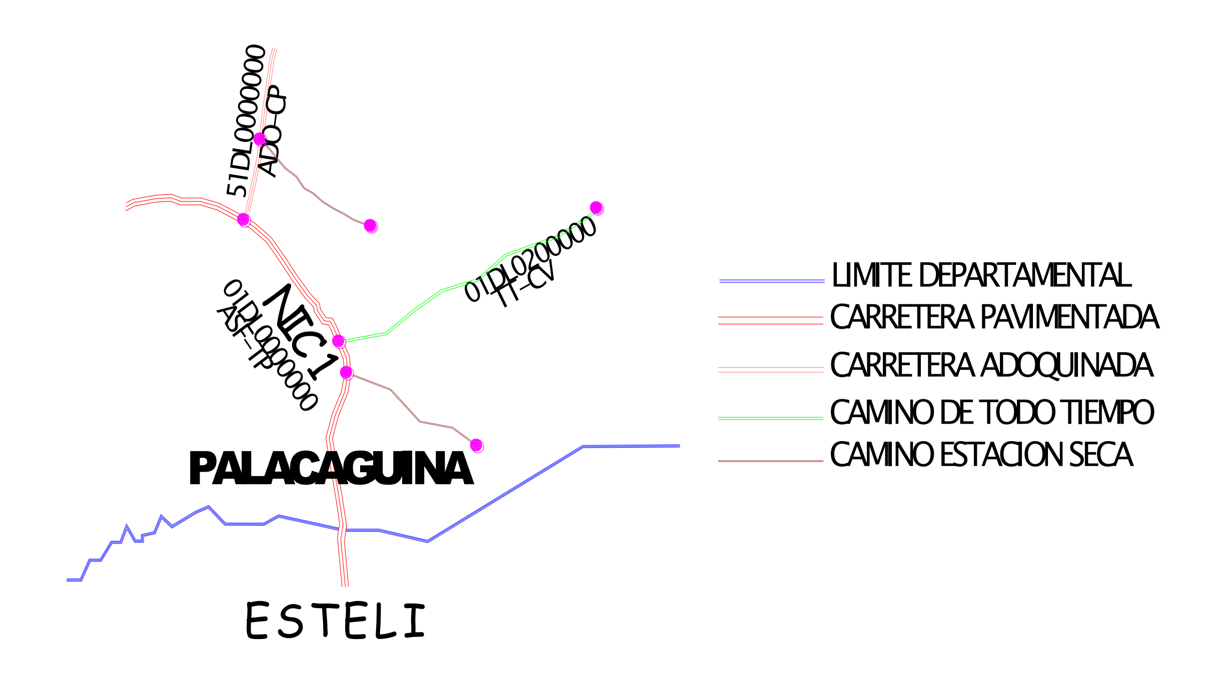
- PT = Punto sobre curva horizontal, corresponde al punto final de la curva, esto es donde la tangente cambia de dirección.

d) Tratamiento de Levantamientos de PCG a los caminos

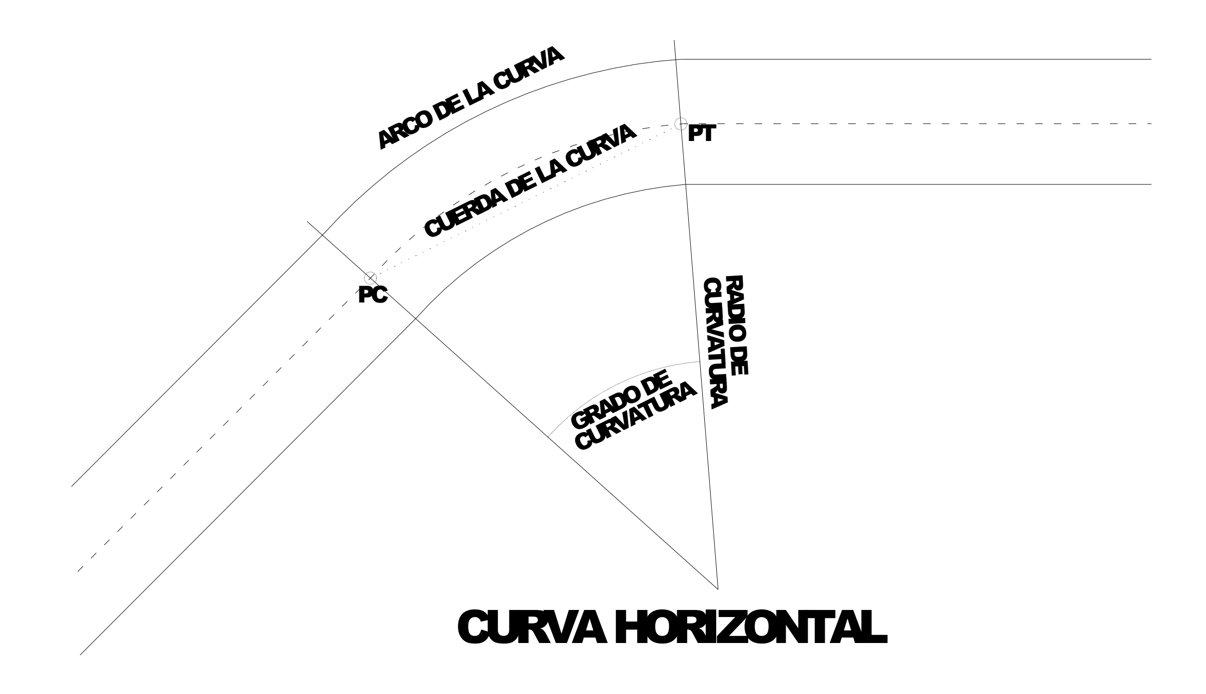
Se darán a los caminos dos tratamientos diferentes de levantamientos de los PCG.

1.- En el caso de los caminos que cuentan con su tabla de curvaturas.
2.- En el caso de los caminos que no cuentan con tabla de curvaturas.

Caso 1: Para los caminos que cuentan con su tabla de curvaturas solamente se levantarán los PIC (punto de inicio del camino), PFC (punto final del camino), PITC (punto de intersección por distinto tipo de construcción) y PNV (punto nodo vial).



Caso 2: Para los caminos que no cuentan con su tabla de curvaturas se levantarán los PIC (punto de inicio del camino), PFC (punto final del camino), PITC (punto de intersección por distinto tipo de construcción), PNV (punto nodo vial); además los PC (punto de inicio de curva horizontal) y PT (punto de terminación de curva horizontal).



CURVA HORIZONTAL

VI.- TRABAJOS PREVIOS DE GABINETE

Es necesaria la realización de trabajos previos de gabinete antes de la salida a campo, con el objetivo de realizar una planificación y distribución de los trabajos de campo y de preparar todos los materiales y equipos a utilizarse.

Las disposiciones básicas que a continuación se explican, son aplicables a todas las etapas del proyecto, aunque los ejemplos que se presentan correspondan a la 1ª etapa correspondiente al departamento de Madriz por ser este el proyecto Prototipo (Piloto).

a) En la oficina de coordinación del proyecto

1.- Distribución de los trabajos

Durante la planificación se debe realizar un esquema de distribución de los recorridos sobre la infraestructura vial para realizar los trabajos de levantamiento de los PCG.

Para ello, se debe tomar en cuenta el número de equipos GPS que se utilizará y la cantidad de kilómetros lineales y distribución en los municipios de la Infraestructura vial, tratando de hacer una distribución equitativa.

Ejemplo (Red Vial, departamento de Madriz):

DISTRIBUCIÓN DE LOS TRABAJOS 1ª ETAPA

Red Vial departamento Madriz (Código D)								
Orden	**Código**	**Municipio**	**ADOQ**	**ASF**	**REV**	**TT**	**ES**	**Total (km)**
1	Y	Yalaguina	0,000	15,375	4,000	19,695	27,605	66,675
2	L	Palacaguina	15,515	11,375	7,705	37,665	30,055	102,315
3	P	Telpaneca	0,000	0,479	32,436	71,860	51,530	156,305
4	J	San Juan de Río Coco	0,980	0,000	13,800	118,55	49,475	182,805
		GPS 1	**16.495**	**27.229**	**57.941**	**247.77**	**158.665**	**508.100**
1	S	Somoto	6,145	20,020	29,560	64,540	103,190	223,455
2	T	Totogalpa	0,000	7,925	0,000	49,870	43,200	100,995
3	A	San Lucas	2,755	7,110	7,320	17,330	62,630	97,145
4	B	Las Sabanas	0,000	0,000	13,750	7,185	19,330	40,265
5	C	San José de Cusmapa	0,000	0,000	2,680	8,140	37,520	48,340
		GPS 2	**8.900**	**35.055**	**53.310**	**147.065**	**265.870**	**510.200**
TOTAL RED VIAL MADRIZ (km)								**1018.300**



2.- Información de los PCG a levantar

Se debe realizar un consolidado por municipio en archivo Excel que contenga información sobre características de los PCG a levantar (PIC, PFC, PNV y PITC) en los caminos donde se realizarán los recorridos.

3.- Preparación de los materiales y equipos

Antes de salir a campo es imprescindible realizar la preparación de los materiales y equipos que se utilizarán en la realización de los trabajos.
A continuación señalamos los más importantes:

- Reproducción de materiales para la Capacitación
- Reproducción de materiales para los técnicos operadores de GPS
- Calibración de los GPS

4.- Calibración de los GPS MobileMapper

Como cualquier método innovador, el GPS está en continua evolución, y por este motivo los técnicos en la materia necesitan información que les permita alcanzar el máximo rendimiento de sus equipos de trabajo, así como conocer el tipo de método de observación, en función de las necesidades y precisiones requeridas en cada trabajo.

En nuestro caso, con el GPS MobileMapper se deben realizar diferentes pruebas comparativas utilizando diferentes combinaciones en cuanto a la distancia de líneas base, el tiempo de observación, el programa de cómputo de pos-procesamiento y el tipo de solución de línea base (por código y por fase). El objetivo es obtener una precisión submétrica a distancias mayores y tiempos menores de observación

Ver Anexo 2 “Resultados obtenidos durante la Calibración del MobileMapper”

b) En las oficinas de las Delegaciones Departamentales de UNAG

Antes de la realización de los trabajos de campo en cualquiera de las etapas del proyecto, se deben realizar los trabajos previos de gabinete en las oficinas de las delegaciones departamentales de UNAG.

Estos trabajos previos consisten en:
- Capacitación
- Entrega de los equipos y materiales al personal técnico de campo
- Distribución de las rutas para cada GPS.

1.- Capacitación

La capacitación se realizará en las Delegaciones Departamentales de UNAG, según la fase que se este ejecutando.
Se realizará atendiendo dos niveles, según grado de jerarquía. Una capacitación de nivel ejecutivo dirigido a las personas con mayor nivel jerárquico, seleccionados por UNAG, y una de nivel técnico dirigido principalmente a los técnicos que realizarán los trabajos de recolección de los datos en campo.

El contenido de las capacitaciones será el siguiente:

Módulo1. Generalidades sobre el Sistema “SPMTIVPAN” y su Norma Técnica Especifica.
Módulo 2. Sistemas de Coordenadas, Sistemas de Posición Global (GPS) y Levantamientos con GPS.
Módulo 3. Prácticas de levantamientos con GPS, de calibración y descargue de datos en la PC (Teórico-práctico).
Módulo 4. Clasificación de campo, Procedimiento utilizando Mapas Topográficos 1/50,000 y GPS (Guía Técnica) .
Módulo 5. Prácticas de Clasificación.
Módulo 6. Evaluaciones:
1.- Evaluación Escrita Teórica
2.- Evaluación Práctica Individual.

2.- Entrega de los equipos y materiales a los técnicos de campo

Una vez realizada la capacitación, se procederá a los trabajos de campo para el levantamiento de los PCG, por lo que se deberá hacer entrega a los técnicos de campo de los equipos y materiales necesarios para la realización de estas labores.

Los artículos siguientes se consideran equipo estándar para el personal de levantamiento con GPS:

1. Equipo GPS MobileMapper.
2. Par de baterías alcalinas de repuesto
3. Tablillas sujeta papeles.
4. Lapiceros.
5. Hojas de Registro de los Levantamientos
6. Ejemplar de la Guía Técnica para los Levantamientos Geodésicos.
7. Ejemplar de Anexo: Uso del GPS MobileMapper.
8. Consolidado de características de los PCG a levantar por cada uno de los municipios viales.
9. Tabla de Distribución de los Trabajos de Levantamiento.
10. Mapas de Red Vial Departamental.
11. Chaleco preventivo.

Junto con los equipos y materiales se entregará a cada técnico operador de GPS la tabla de distribución de los trabajos, con la que se guiará para la realización de los recorridos.

VII.- Trabajos de campo

Los trabajos de campo consisten en el levantamiento con GPS de los PCG sobre los caminos de la red vial según la etapa del proyecto, el recorrido para hacer los levantamientos solo se hará en los caminos que están en el Inventario vial del MTI, en los caminos nuevos solamente se tomará el punto de inicio y la referencia de su destino final, posteriormente se pasará esta información al MTI, para que lo incluya en su planificación de actualizaciones de la red vial.

1.- Recorrido para la recolección de los datos

Para la recolección de los datos, se ha dividido en gabinete la red vial departamental, para asignarle a cada GPS su área de levantamiento.

Se sugiere realizar el recorrido para la recolección de los datos tomando en cuenta el orden propuesto para recorrer los municipios en la Tabla de Distribución de los Trabajos y en cada municipio, el orden en que se encuentran los caminos en las tablas Red Vial del Municipio del Inventario Vial del MTI, quedando a decisión del técnico encargado, realizar algún cambio según considere conveniente.

2.- Limites del área de levantamiento de los datos

El área de levantamiento de los datos corresponde a 123 municipios priorizados de todos los departamentos y Regiones Autónomas del país, los que han sido divididos por etapas que abarcan 1 ó 2 departamentos.

Si bien los departamentos y los municipios tienen definidos sus límites político-administrativos, para efecto de los levantamientos de campo los límites del área de levantamiento de los datos pueden diferir con los límites político-administrativos.

Esto es así, pues es necesario contar con las coordenadas de los PCG (PIC y PFC) de cada camino para poder realizar el tratamiento en gabinete de los datos del Inventario Vial del MTI, razón por la cual habrá casos en que se deberá hacer el levantamiento del punto final del camino (PFC), aunque este punto esté fuera del límite municipal o departamental, quedando a decisión del técnico encargado, cambiar esta decisión, siempre y cuando sea bien justificado.

3.- Parámetros principales para lograr mediciones aceptables

Se sugieren los siguientes parámetros principales para lograr mediciones aceptables y obtener buenos resultados al momento del levantamiento submétrico con equipo GPS de una frecuencia.

También se recomienda evitar los efectos multi-rutas causados por objetos cercanos a la antena del equipo GPS.

Componente	Base	Móvil
Máscara de elevación de los satélites	13 grados	13 grados
Intervalo de toma de Datos (épocas)	Fija	1 segundo
Número mínimo de satélites	4	4
Número mínimo de épocas por ocupación	estático	360 (en 5 minuto) en modo estación de referencia
Las estaciones de referencia para el ajuste en Red, deberán ser las Estaciones CORS más cercanas de la Región Centroamericana.		

4.- Requisitos en la exactitud de los levantamientos geodésicos

Los procedimientos de levantamiento y post-proceso de los datos GPS, deben garantizar la exactitud de la posición por debajo de la tolerancia permisible, por lo que el personal de campo deberá ser bien cuidadoso durante la realización de los levantamientos de los PCG.

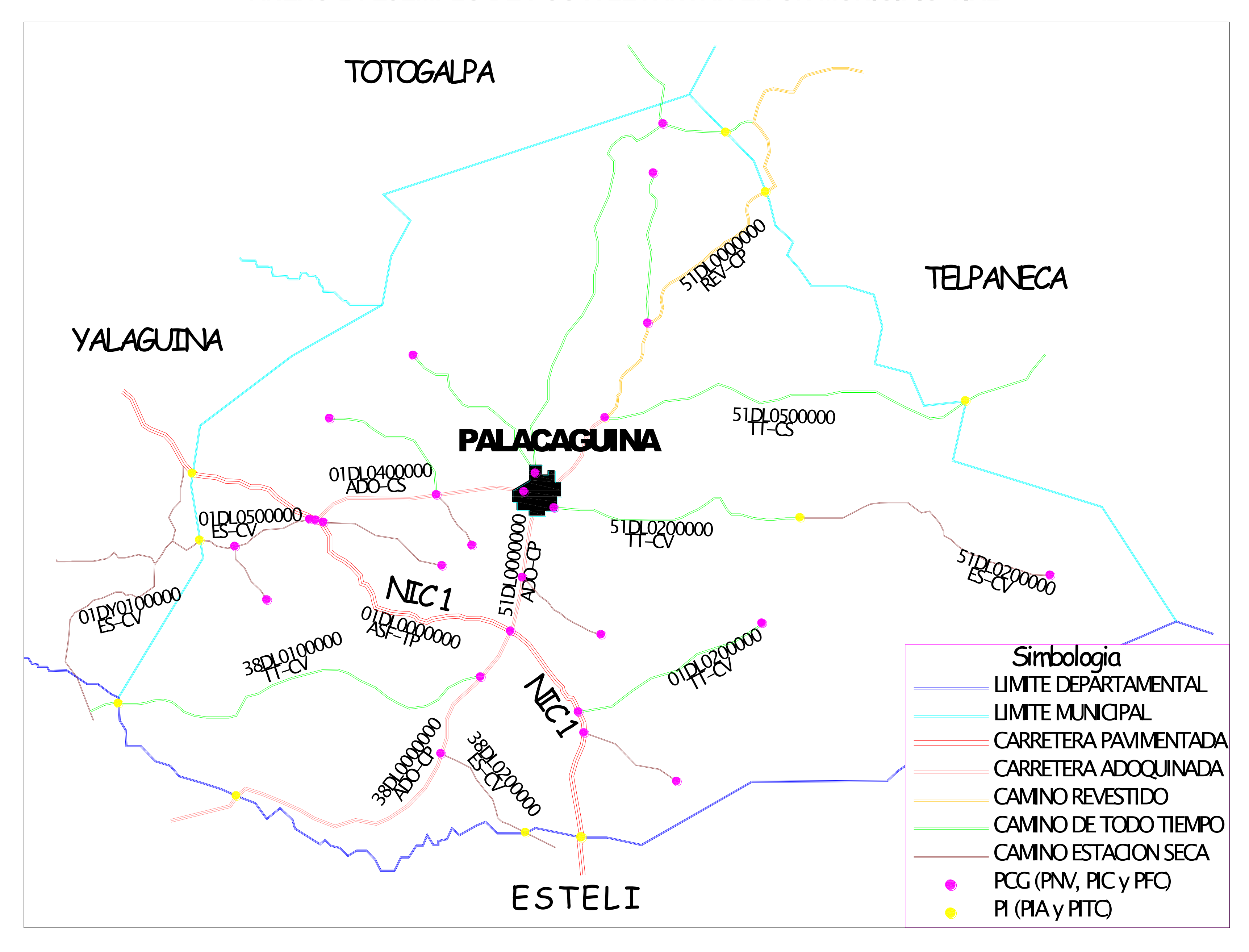
Definición	Resolución	Exactitud	Observación
Ubicación de un punto de control (PCG) en un nodo vial (PNV), inicio de camino (PIC) o fin de camino (PFC), en el Sistema Nacional de Coordenadas (SNC).	Las coordenadas deberán ser guardadas y presentadas con resolución de 0.01m o sea dos decimales Ejemplo: N= 1389756.27 E= 497351.73	σ = 0.5m (al 68%) σ t = 1.96 x σ σ t = 0.98m (al 95% de confianza) T = 1.0m DONDE σ = error medio o desviación estándar σ t = error máximo permisible T = tolerancia	La determinación de las coordenadas se hará directamente con mediciones GPS ("método estático rápido"), referidas al SNC, desde las estaciones CORS más cercanas de la Región Centroamericana.

5.- Registro de las mediciones

Se debe hacer un registro de los levantamientos que se realicen con los GPS, en la hoja REGISTRO DE LEVANTAMIENTOS CON GPS, de tal forma que exista equivalencia entre los datos reflejados en dicha hoja y los datos almacenados en la memoria del GPS.

(Ver Anexo 3 “Registro de Levantamientos con GPS”)

ANEXO 1 : EJEMPLO DE PCG A LEVANTAR EN UN MUNICIPIO VIAL



ANEXO 1

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL PRODUCTIVA AGROPECUARIA DE NICARAGUA

REGISTRO DE LOS LEVANTAMIENTOS CON GPS

DEPARTAMENTO VIAL:…………………………………………………………………………………

MUNICIPIO VIAL: ……………………………………………………………………………………………

FECHA: ……………………………………………………………………………………………………

CODIGO DEL CAMINO: ……………………………………………………………………………………

NOMBRE DEL PUNTO	TIPO DE PUNTO	MODO DE OBSERVACION POSPROCESO		TIEMPO DE OBSERV.	OBSERVACIONES
		PUNTO	EST. DE REF.		

ANEXO 2
Resultados obtenidos durante la calibración del MobileMapper

Prueba 1

Estación de Referencia	MANA
Estación móvil	INETER
Método de levantamiento	Estático
Distancia de línea base	Muy cercano
Tiempos de observación	1' - 3' - 5'
Solución de línea base	Por defecto del programa
Programa utilizado	MobileMapper Office

Entidad	Este	Norte	Altitud	Sat.	PDOP	Fecha / Hora	Duración	Corrección
5	581723,432	1343231,533	69,512	7	2,37	03/09/2008 16:52	0:05:03	Posprocesado
3	581723,651	1343231,557	69,399	7	2,36	03/09/2008 16:49	0:03:00	Posprocesado
1	581723,660	1343231,303	69,471	7	2,35	03/09/2008 16:48	0:01:01	Posprocesado
INETER	581722,836	1343231,363	68,680	fija				
Entidad	**Delta**	**Delta**	**Delta**			**Error lineal**		
5	0,596	0,17	0,832			0,620		
3	0,815	0,194	0,719			0,838		
1	0,824	-0,060	0,791			0,827		

Prueba 2

Estación de Referencia	MANA
Estación móvil	IZ25
Método de levantamiento	Estático
Distancia de línea base	31,4 Km
Tiempos de observación	1' - 3' - 5'
Solución de línea base	Por defecto del programa
Programa utilizado	MobileMapper Office

Entidad	Este	Norte	Altitud	Sat.	PDOP	Fecha / Hora	Duración	Corrección
1	553742,164	1357401,95	63,315	7	2,18	12/09/2008 20:44	0:01:03	Posprocesado
2	553742,208	1357402,31	63,270	7	2,12	12/09/2008 20:45	0:03:00	Posprocesado
3	553742,197	1357401,49	63,289	7	2,03	12/09/2008 20:48	0:05:13	Posprocesado
IZ25	553741,692	1357401,56	63,086	FIJA				
Entidad	**Delta e**	**Delta n**	**Delta h**			**Error lineal**		
1	0,472	0,395	0,229			0,616		
3	0,516	0,755	0,184			0,914		
5	0,505	-0,067	0,203			0,509		

Prueba 3

Estación de Referencia		SSIA						
Estación móvil		IZ25						
Método de levantamiento		Estático						
Distancia de línea base		323,79 Km						
Tiempos de observación		1' - 3' - 5'						
Solución de línea base		Por defecto del programa						
Programa utilizado		MobileMapper Office						
Entidad	**Este**	**Norte**	**Altitud**	**Sat.**	**PDOP**	**Fecha / Hora**	**Duración**	**Corrección**
1	553742,365	1357403,552	64,640	7	2,18	12/09/2008 20:44	0:01:03	Posprocesado
3	553742,399	1357403,559	64,624	7	2,12	12/09/2008 20:45	0:03:00	Posprocesado
5	553742,480	1357403,321	64,312	7	2,03	12/09/2008 20:48	0:05:13	Posprocesado
IZ25	553741,69	1357401,555	63,086	FIJA				
Entidad	**Delta e**	**Delta n**	**Delta h**			**Error lineal**		
1	0,6728	1,997	1,554			2,107		
3	0,7068	2,004	1,538			2,125		
5	0,7879	1,766	1,226			1,934		

Prueba 4

INFORME DE AJUSTE DE REDES

Programa utilizado Trimble Geomatic Office

SOLUCION DE LINEA BASE POR CÓDIGOS

Entidad	Norte	Error N	Este	Error E	Fecha / Hora	Duración
SSIA	1515227,259	0,000	271084,412	0,000	24/09/2008 10:30	
IZ35	1357403,603	8,866	553744,912	12,659		0:05:00
MANA	1343135,730	0,000	581710,807	0,000		
IZ35	1357401,555		553741,692			
	Delta N		Delta E		Error lineal	
	-2,048		-3,22		3,816	

SOLUCION DE LINEA BASE POR FASE

Entidad	Norte	Error N	Este	Error E	Fecha / Hora	Duración
SSIA	1515227,259	0,000	271084,412	0,000	24/09/2008 11:14	
IZ35	1357401,608	80,125	553742,281	324,363		0:05:00
MANA	1343135,730	0,000	581710,807	0,000		
IZ35	1357401,555		553741,692			
	Delta N		Delta E		Error lineal	
	-0,053		-0,589		0,591	

ANEXO 3

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL PRODUCTIVA AGROPECUARIA DE NICARAGUA

REGISTRO DE LOS LEVANTAMIENTOS CON GPS
PCG ==> ESTACIONES DE REFERENCIA

DEPARTAMENTO:…………………………………MUNICIPIO:……………….………………………………….…………..…

NOMBRE DEL TÉCNICO: ……………………………………………………FECHA:…………..………..…..…..……..

CÓDIGO DEL CAMINO: ………………………………….………………………..…………………………………..

Nº	CÓDIGO DEL PUNTO	TIPO DE PUNTO	CÓDIGO Y CATEG. ESTADO/CAMINO	OBSERVACIONES

CÓDIGOS Y PUNTOS	CÓDIGOS Y CATEGORIAS DEL ESTADO DEL CAMINO POR TRAMOS
1 = PNV (NODO VIAL-5')	1= TRANSITABLE CON DIFICULTAD POR TODO TIPO DE VEHÍCULO
2 = PFC (FINAL DE CAMINO-5')	2= TRANSITABLE SOLO POR VEHÍCULOS DOBLE TRACCIÓN
3 = PC (COMIENZO DE CURVA-3')	3= INTRANSITABLE
4 = PT (TERMINACIÓN DE CURVA-3')	4= INTRANSITABLE Y DESTRUIDO PARCIALMENTE
5 = PSC (SOBRE LA CURVA-3')	5= INTRANSITABLE Y DESTRUIDO TOTALMENTE
6 = PIT (INICIO TRAMO DETERIORADO-3')	
7 = PFT (FINAL TRAMO DETERIORADO-3')	